



㉑ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:  
Kunz, Dieter, Dipl.-Ing.; Kallenbach, Rainer, Dr.-Ing.  
Dr., 7000 Stuttgart, DE

㉓ Verfahren zur Fahrwerksregelung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fahrwerksregelung von Fahrzeugen, insbesondere von Personen- und Nutzkraftwagen, bei dem die Fahrwerkeigenschaften in Abhängigkeit von dem jeweiligen sensorisch ermittelten Fahrzustand durch die Regelung verändert werden. Für eine Anpassung der Fahrwerksabstimmung an die unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Fahrkomfort und Fahr-sicherheit wird vorgeschlagen, daß die Reglerparameter (RP) des Regelkreises in Abhängigkeit von der Dynamik des Fahrvorganges selbsttätig verändert werden.

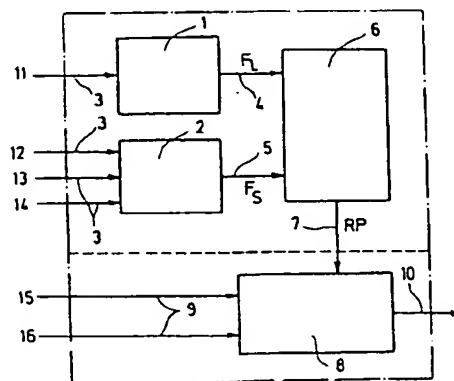


Fig. 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fahrwerksregelung, insbesondere von Personen- und Nutzkraftwagen, bei dem — entsprechend der Gattung des Hauptanspruchs — die Fahrwerkeigenschaften in Abhängigkeit von dem jeweiligen sensorisch ermittelten Fahrzustand durch die Regelung verändert werden.

Bei den heute gebräuchlichen Fahrzeugtypen, insbesondere Personenkraftwagen, werden die Fahrwerkeigenschaften auf einen mittleren Betriebsfall optimiert. Die Eigenschaften sind durch die Konstruktion festgelegt und bleiben — abgesehen von Alterungserscheinungen — im Fahrbetrieb unverändert. Da diese in extremen Betriebsfällen, beispielsweise bei leerem oder voll beladenem Fahrzeug und/oder sich extrem ändernden Fahrzuständen (schnelle Kurvenfahrt, starkes Bremsen bzw. Beschleunigen) hohen Sicherheitsanforderungen ggf. nicht genügen kann, ist es bekannt, zwischen unterschiedlichen Dämpfereinstellungen umzuschalten. Eine selbständige Einstellung auf verschiedene Fahrbahnzustände oder Fahrweisen in einer feinen Anpassung ist nicht möglich, da lediglich in groben Stufen eine Verstellung der Dämpfereigenschaften erfolgt.

Ferner ist es bekannt, einer zwischen Achse und Chassis (Fahrzeugaufbau) angeordneten Feder einen Dämpfer parallel zu schalten, der aktiv oder semiaktiv arbeitet. Der aktive Dämpfer weist einen Zylinder auf, der mittels eines Kolbens in zwei Arbeitskammern unterteilt ist. Durch aktive Druckmittelspeisung oder ein Ablassen des Druckmittels können die Dämpfereigenschaften gesteuert werden. Alternativ ist es bei einem semiaktiven System möglich, die Dämpfereigenschaften durch einen im Querschnitt steuerbaren Bypass zu variieren. Beispielsweise kann der Kolben ein im Durchlaßquerschnitt steuerbares Ventil aufweisen. Beim semiaktiven System erfolgt keine aktive Druckmittelfluß-Steuerung.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den im Hauptanspruch genannten Merkmalen zeigt demgegenüber die Möglichkeit auf, wie auf einfache Weise und tragheitslos in Abhängigkeit von der Dynamik des Fahrvorganges eine Fahrwerksabstimmung an die unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrsicherheit selbsttätig vorgenommen werden kann. Dieses erfolgt durch eine entsprechende Variation der Reglerparameter. Mithin wird die jeweilige Übertragungsfunktion des Reglers der Dynamik des Fahrvorganges angepaßt, so daß — bei unkritischen Fahrzuständen der größtmögliche Komfort und bei kritischen Fahrzuständen eine der Sicherheit dienende, straffe Fahrwerksabstimmung vorliegt.

Vorzugsweise wird zur Fahrzustandserkennung die Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerdynamik erfaßt.

Ausgehend von unkritischen Fahrzuständen erfolgt beim Auftreten kritischer Fahrzustände ein kontinuierlicher oder stufiger Übergang zu einer fahrsicherheitsorientierten Auslegung der Reglerparameter. Somit ist eine kontinuierliche Einflußnahme gegeben, die mittels entsprechend kontinuierlich verstellbarer Aktuatoren realisiert wird. Dabei kann das zuvor beschriebene aktive oder semiaktive System eingesetzt werden.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird zur Erfassung der Fahrzeuglängsdynamik die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder die Fahrzeuglängsbeschleunigung herangezogen. Aus diesen für die Längsdynamik charakteristischen Größen läßt sich ein Näherungswert für die Reifenlängskräfte ermitteln. So kann beispielsweise durch Differentiation der Fahrzeuggeschwindigkeit ein Näherungswert für die Reifenlängskräfte erhalten werden.

Zur Erfassung der Fahrzeugquerdynamik ist vorzugsweise vorgesehen, die Fahrzeugquerbeschleunigung und/oder die Giergeschwindigkeit und/oder den Lenkwinkel heranzuziehen. Aus der Fahrzeugquerdynamik läßt sich dann ein Näherungswert für die Reifenseitenkräfte ermitteln. Hierbei sind gegebenenfalls der Schräglaufwinkel und die Reifenschräglaufsteifigkeit zu berücksichtigen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung werden die Näherungswerte der Reifenlängs- und Reifenseitenkräfte zur Festlegung der Reglerparameter herangezogen. Dabei kann die Umwandlung der Näherungswerte der Reifenlängs- und Reifenseitenkräfte in die Reglerparameter über eine gespeicherte Wertetabelle oder eine Rechenoperation erfolgen.

Das Gesamtsystem zeichnet sich dadurch aus, daß die Reglerparameter einem Regler des Regelkreises zugeführt werden, der als Eingangsgrößen eine oder mehrere Geschwindigkeiten des Fahrzeugaufbaus in vertikaler Richtung und/oder einen oder mehrere Einfederwege des Fahrwerks erhält und mit seiner Ausgangsgröße die Dämpfungseigenschaften mindestens eines Dämpfers des Fahrwerkes regelt. Die erfindungsgemäße Adaption der Reglerparameter an den jeweiligen Fahrzustand ermöglicht die Kopplung mit nahezu jedem Fahrwerkregelungssystem, wobei diskret oder kontinuierlich verstellbare Aktuatoren verwendet werden können. Kritische Fahrmanöver werden erkannt und führen zu einer die Sicherheit erhöhenden Fahrwerksabstimmung, wobei in unkritischen Situationen der größtmögliche Komfort vorliegt. Überdies werden einfache und physikalisch interpretierbare Entscheidungskriterien für die Charakterisierung des Fahrverhaltens und die Adaption der Reglerparameter gegeben.

## Zeichnung

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das das erfindungsgemäße Verfahren zur Fahrwerksregelung verdeutlicht und

Fig. 2 ein Diagramm, das die Komfortziffer eines Fahrwerks in Abhängigkeit von der Radlast zeigt, wobei eine Grenzkurve dargestellt ist, deren Werte durch Variation der Reglerparameter der Fahrwerkregelung angenommen werden können.

Anhand des Blockschaltbilds der Fig. 1 soll das erfindungsgemäße Verfahren erläutert werden. Es sind zwei Meß- und Auswerteeinrichtungen 1 und 2 vorgesehen, denen Eingangsgrößen 3 zugeführt werden und deren Ausgänge 4 und 5 mit einer Umschalterschaltung 6 verbunden sind. Der Ausgang 7 der Umschalterschaltung 6 ist an einen Regler 8 angeschlossen, dem Eingangsgrößen 9 zugeführt werden und der einen Ausgang 10 aufweist. Der Regler 8 ist Bestandteil eines nicht dargestellten Regelkreises einer Fahrwerksregelung eines Kraftfahrzeuges.

Bei der Meß- und Auswerteeinrichtung 1 handelt es sich um eine die Längsdynamik des Kraftfahrzeuges er-

fassende Einrichtung. Es sind Sensoren vorgesehen, die die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder die Fahrzeuglängsbeschleunigung ermitteln. In der Fig. 1 wird der Meß- und Auswerteeinrichtung 1 als Eingangsgröße 3 die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit 11 zugeführt. Durch Differentiation läßt sich hieraus ein Näherungswert für die Reifenlängskräfte  $F_L$  erhalten. Es gilt die Beziehung:

$$F_L \sim m_{ges} \cdot \dot{v}_L$$

wobei  $m_{ges}$  die Masse des Fahrzeuges und  $v_L$  die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit bezeichnet.

Demgemäß steht am Ausgang 4 der Meß- und Auswerteeinrichtung 1 ein Näherungswert für die Reifenlängskräfte  $F_L$  zur Verfügung.

Der Meß- und Auswerteeinrichtung 2 werden andere Eingangsgrößen 3 zugeführt. Es handelt sich hierbei um den Lenkwinkel 12, die Giergeschwindigkeit 13 und die Fahrzeugquerbeschleunigung 14. Gegebenenfalls sind nicht alle Eingangsgrößen erforderlich. Die genannten Eingangsgrößen 3 werden ebenfalls durch geeignete Sensoren ermittelt. Die Meß- und Auswerteeinrichtung 2 bildet aus den Eingangsgrößen 3 einen Näherungswert für die Reifenseitenkräfte  $F_S$ .

Die Reifenlängskräfte  $F_L$  und die Reifenseitenkräfte  $F_S$  werden der Umsetzschaltung 6 zugeführt. Bei der Umsetzschaltung 6 handelt es sich um eine gespeicherte Wertetabelle, die am Ausgang 7 in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen Reglerparameter RP zur Verfügung stellt, die dem Regler 8 zugeführt werden. Als Eingangsgrößen 9 erhält der vorzugsweise als Skyhook-Regler ausgebildete Regler 8 die Geschwindigkeit 15 des Aufbaues des Fahrzeuges und den Einfederweg 16. Unter letzterem ist der Verlagerungsweg einer Achse des Kraftfahrzeuges relativ zum Chassis bzw. zum Aufbau zu verstehen. An seinem Ausgang 10 stellt der Regler ein Signal zur Stellung geeigneter Aktuatoren zur Verfügung, mit denen die Abstimmung der Fahrwerkeigenschaften vorgenommen wird. Es kann sich hierbei um aktiv oder semiaktiv arbeitende Dämpfer handeln.

Durch die Fahrzustandserkennung der Meß- und Auswerteeinrichtungen 1 und 2 lassen sich in Verbindung mit semiaktiven oder aktiven Fahrwerksregelungen die Fahrwerkeigenschaften nach Maßgabe des jeweils vorliegenden Betriebszustandes einstellen.

Dabei erfolgt eine Einstellung der Reglerparameter in unkritischen Fahrzuständen derart, daß eine komfortable Fahrwerksauslegung vorliegt. In kritischen Fahrzuständen ist ein kontinuierlicher Übergang zu fahrsicherheitsorientierter Auslegung der Reglerparameter vorgesehen. Mithin werden diese kritischen Fahrzustände durch die Sensoren der Meß- und Auswerteeinrichtungen 1 und 2 erkannt und der Umsetzschaltung 6 entsprechende Werte für die Reifenlängskräfte  $F_L$  und/oder Reifenseitenkräfte  $F_S$  zugeführt. Am Ausgang 7 der Umsetzschaltung 6 werden dann entsprechende Reglerparameter RP ausgegeben, die den Regler 8 derart im Hinblick auf seine Übertragungsfunktion beeinflussen, daß das am Ausgang 10 ausgegebene, die Aktuatoren des Fahrwerks steuernde Signal eine der Fahrsicherheit dienende, straffere Fahrwerksabstimmung vornimmt. Dabei erfolgt der Übergang von einer komfortorientierten Fahrwerksauslegung zu der genannten straffen Abstimmung kontinuierlich. Die Rückkehr zu höherem Fahrkomfort erfolgt ebenfalls kontinuierlich.

Die Fig. 2 zeigt eine Grenzkurve für ein semiaktiv geregeltes System mit Skyhookregler und frequenzab-

hängiger Dämpfung. Die Komfortziffer KA gibt über die Fahrwerksabstimmung Aufschluß. Je größer die Komfortziffer ist, umso schlechter wird der Komfort; mithin erhöht sich die Fahrsicherheit. Gleichzeitig sinkt — wie aus der Fig. 2 ersichtlich — die auf der Abszisse abgetragene Radlast RL. Der Pfeil 17 zeigt somit die Tendenz der dargestellten Grenzkurve zu größerer Fahrsicherheit und der Pfeil 18 die Richtung zu größerem Fahrkomfort auf. Die Werte der Grenzkurve können durch Variation der Reglerparameter RP angenommen werden. Mithin wird deutlich, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren durch die Variation der Reglerparameter RP eine Fahrwerksabstimmung für größere Sicherheit oder größeren Fahrkomfort vorgenommen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Fahrwerksregelung, insbesondere von Personen- und Nutzkraftwagen, bei dem die Fahrwerkeigenschaften in Abhängigkeit von dem jeweiligen sensorisch ermittelten Fahrzustand durch die Regelung verändert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Reglerparameter (RP) des Regelkreises in Abhängigkeit von der Dynamik des Fahrvorganges zur Anpassung der Fahrwerksabstimmung an die unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrsicherheit selbsttätig verändert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Fahrzustandserkennung die Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerdynamik erfaßt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in unkritischen Fahrzuständen eine Einstellung der Reglerparameter (RP) für eine komfortorientierte Fahrwerksauslegung erfolgt und daß bei kritischen Fahrzuständen ein kontinuierlicher oder stufiger Übergang zur fahrsicherheitsorientierten Auslegung der Reglerparameter (RP) vorgenommen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Fahrzeuglängsdynamik die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (11) und/oder die Fahrzeuglängsbeschleunigung herangezogen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Fahrzeuglängsdynamik ein Näherungswert für die Reifenlängskräfte ( $F_L$ ) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Fahrzeugquerdynamik die Fahrzeugquerbeschleunigung (14) und/oder die Giergeschwindigkeit (13) und/oder der Lenkwinkel (12) herangezogen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Fahrzeugquerdynamik ein Näherungswert für die Reifenseitenkräfte ( $F_S$ ) ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Näherungswerte der Reifenlängs- und Reifenseitenkräfte ( $F_L$ ,  $F_S$ ) zur Festlegung der Reglerparameter (RP) herangezogen werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umwandlung der Näherungswerte der Reifenlängs-

und Reifenseitenkräfte ( $F_L$ ,  $F_S$ ) in die Reglerparameter (RP) über eine gespeicherte Wertetabelle (Umsetzschtung 6) oder eine Rechenoperation erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reglerparameter (RP) einem Regler (8) des Regelkreises zugeführt werden, der als Eingangsgrößen (9) eine oder mehrere Geschwindigkeiten (15) des Fahrzeugaufbaus in vertikaler Richtung und/oder einen oder mehrere Einfederwege (16) des Fahrwerks erhält und mit seiner Ausgangsgröße (Ausgang 10) die Dämpfungseigenschaften mindestens eines Dämpfers des Fahrwerks regelt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

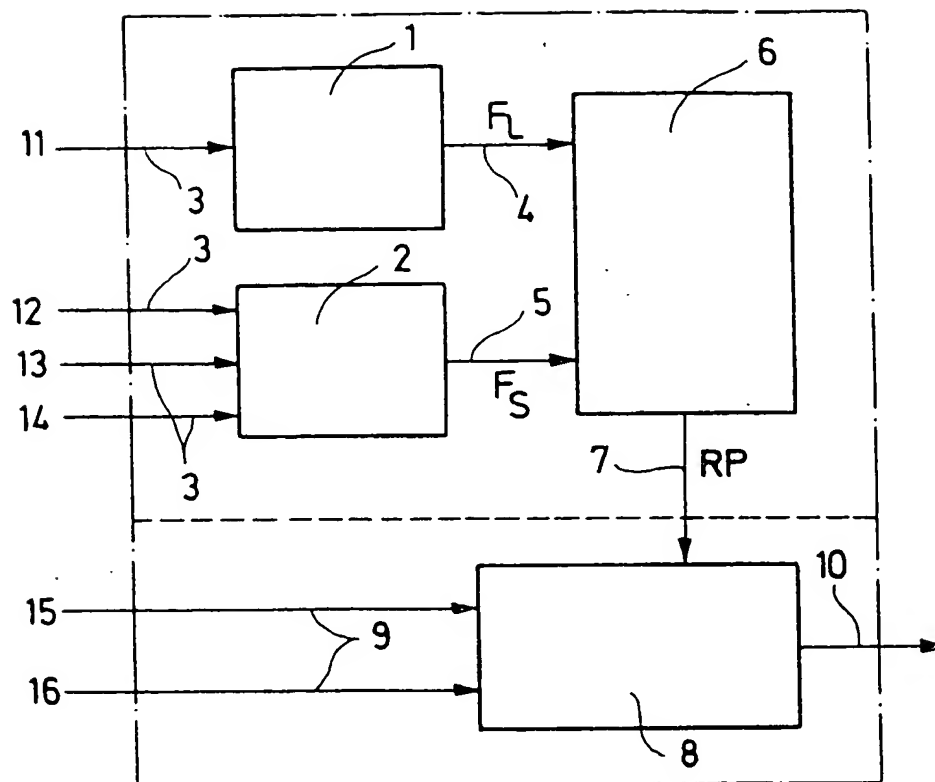


Fig. 1

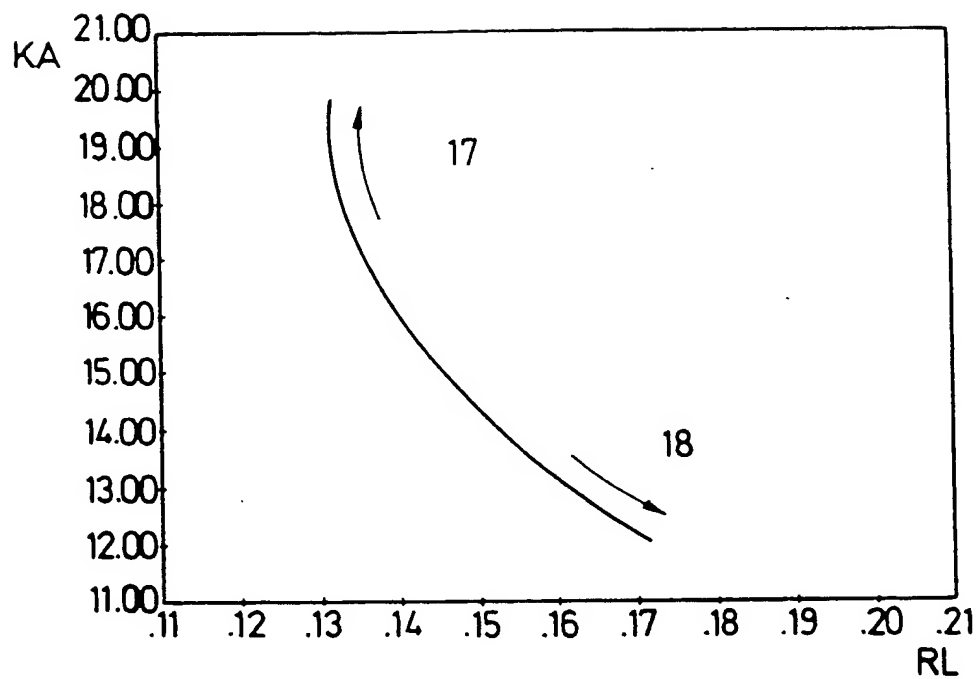


Fig. 2